蝶と蛾 *Tyô to Ga* **45** (4) : 211-223, January 1995

# 陽光性種モンキチョウと森林性種ヒメウラナミジャノメの体温調節

田下　昌志[1)]・市村　敏文[2)]

[1)] 399-07　長野県塩尻市広丘原新田 210-5
[2)] 380　長野市安茂里犀北団地 C3-410

# Thermoregulation in the sunny butterfly species, *Colias erate* (Esper) (Lepidoptera, Pieridae) and the forest species, *Ypthima argus* Butler (Lepidoptera, Satyridae)

Masashi TASHITA[1)] and Toshifumi ICHIMURA[2)]

[1)] 210-5, Harasinden, Hirooka, Shiojiri-city, Nagano, 399-07 Japan
[2)] C3-410, Saihokudanchi, Amori, Nagano-city, 380 Japan

**Abstract** Thermoregulation of the sunny butterfly species *Colias erate* and the forest one *Ypthima argus*, was studied at the Saigawa-riverside in the lower reaches of Tanbajima-Bridge, Nagano-city, central Japan. The optimum body temperature of *C. erate* ranged from 35°C to 40°C, and that of *Y. argus* from 30°C to 35°C in August. The wing base of *C. erate*, that was observed to expose to the direct sun rays in the lower temperature, got darker in autumn than in summer. It was not considered that *C. erate* can fly at high temperature around the noon in summer and at low temperature after November, since they could not maintain their body temperature within optimum range. On the other hand, *Y. argus* entered the forest frequently when the solar radiation increased around the noon in summer, though flowers for nectaring and host plants for oviposition existed in the sunny place, and *Y. argus* basked in the perpendicular rays as the dorsal basking near the lower limit of optimum body temperature.

**Key words** Lepidoptera, thermoregulation, sunny species, forest species, basking.

## はじめに

筆者らは，1992年から1993年にかけて，長野県内を流下する信濃川水系支川犀川の流域において，河川周辺部の自然度をチョウにより評価する試みを実施してきた．その結果，環境が森林化される程，種の多様度が増加する傾向が窺えた(田下・市村，準備中)が，この報告では，河川周辺部に普遍的に分布している種のうちから日向の草地に生息する種と森林(灌木帯)に生息する種についてそれぞれ代表1種を抽出し，チョウの体温調節の仕組みを周辺環境との関わり合いから検討した．

変温動物であるチョウは，周辺環境を利用しながら体温を調節しているものとされ (Watt, 1968 ; Heinrich, 1972 ; 大崎，1983 ; Ohsaki, 1985)，一般的には，30-40°Cという比較的狭い範囲に調節されていることが知られている(大崎，1983 ; Ohsaki, 1985)．また，体温を上昇させるための手段として，翅裏面基部を直射日光にさらす方式と翅を半分開いて胴体背面を日光にさらす方式が報告されている(キングソルバー，1985)．

今回の調査では，陽光性の種としてモンキチョウ *Colias erate* (Esper) を，森林性の種としてヒメウラナミジャノメ *Ypthima argus* Butler を選択し，Ohsaki (1985) が指摘するように，チョウの体温調節に最も関係すると考えられる日光の輻射熱とチョウの体温とを比較することにより考察していくものとした．

モンキチョウは，日本では，北海道から沖縄までの広い範囲に分布する種で，幼虫はアカツメクサ *Trifolium pratense* L.，シロツメクサ *T. respense* L. などのマメ科植物を主に食している．成虫は日当

たりのよい草地を1m以下の低い高度で素速く飛翔し，アカツメクサ，セイヨウタンポポ，ヒメジョオン，ムシトリナデシコなど様々な花で吸蜜する．長野市における成虫の個体数は，およそ5月，7月，8-9月，10-11月に大きく4つの山が確認できるが，4月から11月をとおして常に成虫を見ることができる．また，本種はコンクリートブロック積の護岸堤防などの外来牧草を中心とした貧弱な草地からも見いだされ，河川周辺部での生息密度は高い．モンキチョウを含む *Colias* 属は，体を横倒しにして翅の裏面基部を直射日光にさらす方法により体温の調節を行っている (Watt, 1968).

一方のヒメウラナミジャノメは，北海道から九州までのおよそ1,500m以下の平地から山地にかけて分布している．幼虫は，チジミザサ *Oplismenus undulatifolius* Roem., チガヤ *Imperata cylindrica* Beauv. などのイネ科植物を広く食している．成虫は，明るい林から灌木混じりの草地を好み，地上0.5mくらいまでの低い位置を軽快に飛翔しては，林縁に生えるヒメジョオン，クマイチゴ，アザミなどの花で吸蜜する．長野市において成虫が見られるのは，6-7月と8-9月の年2回である．本種は，吸蜜時や灌木間の移動時などにしばしば直射のきびしい日向に現れ活動するが，前種とは異なりコンクリートブロック積の護岸堤防など木本類がみられない環境からは，成虫は見いだされない (田下・市村，準備中). 翅を半開にして日向に静止することから，成虫は胴体の背面から輻射熱の吸収をするものと考えられている (福田他，1984).

本調査を実施するにあたり，大阪府立大学農学部の石井実博士からご指導をいただいているほか，氷室俶，小島治好，石澤直也各氏には貴重なご助言，文献のご紹介をいただいた．また，小林秀樹，斎藤健郎両氏にはお忙しい中調査のご同行，パソコンソフトの手配をお願いした．ここに厚く感謝する次第である．なお，本調査は，河川整備基金 No. 4-1-3-55, 5-1-3-57 の助成を受けて実施された.

## 調査地の概要

調査は，長野県長野市丹波島橋下流の犀川左岸高水敷部で実施した．現地の標高は，約350mであり，河川流域としては河床勾配1/400の中流域にあたる．犀川は，善光寺平の中程，長野市の中心市街地から2km程度の住宅地を流下する幅700m程度の比較的大きな河川である．河川の堤内地は，前述のとおりほぼ全面的に住宅となっており植生には乏しく，高水敷部は，幅およそ300mにわたりグランド，マレットゴルフ場，馬場などに利用されている．主要植生は，これらの公園部に植栽されたユキヤナギ，シモツケ，マサキなどの低木類と護岸法尻部に天然に生えたヤナギ類，イタチハギなどの中高木，およびヨモギ，アカツメクサ，外来牧草などの草本類から成っている.

## 調査方法

モンキチョウ (黄色型のみ)，ヒメウラナミジャノメについて飛翔中の個体を採集直後に捕虫網のうえから熱電対 (0.5 mm$\phi$) をチョウの胸部に差し込み，デジタル体温計 (カスタム CT-1200) により体温を測定した．この際できるかぎり即座に測定するものとし，捕獲後およそ5秒以上経過した個体については，データから除外した．次に，同一の個体について，モンキチョウでは翅を閉じ胴体の横方向から直射日光を受けた場合と翅を閉じ翅と平行方向から直射日光を受けた場合の体温を，ヒメウラナミジャノメでは，翅を半開きにして背中に直射日光を受けた場合と翅を閉じて背中に直射日光が当たらなくした場合の体温を，熱電対を差し込み体温が安定した時点でそれぞれ測定した．また，その時の輻射熱を地上20cmにおいて棒温度計の赤球部に黒，黄，白の布をかぶせ測定した．気温，温度については，地上1mの日陰において乾湿計により，照度については地上1mの日向で照度計 (TOPCON IM-2D) を水平にした状態で併せて測定した．なお，本調査は，モンキチョウについては，1992年8月22日 (薄曇，気温29-31°C, 照度56,000-84,000 lux) (以下同順)，29日 (快晴，30.5-31°C, 73,000-74,000 lux)，10月17日 (晴れ，21-24°C, 72,000-74,000 lux)，11月8日 (晴れ，17.5-20.5°C, 57,000-67,000 lux) および1993年8月22日 (晴れ後曇，25.5-33.5°C, 20,000-119,500 lux)，9月15日 (晴れ時々曇，18-26°C, 27,000-85,000 lux)，10月16日 (晴れ後曇，16.5-24°C, 17,800-73,600 lux)，11月3日 (晴れ後薄曇，13.5-21°C, 24,300-70,000 lux)，ヒメウラナミジャノメについては，1993年8月22日 (同上) に実施した．1993年の調査は，主として午前8時から午後4時までの成虫の活動期にわ

たり終日調査を行った.

モンキチョウについては，翅裏面基部の黒色鱗粉の出現状況を調べるために，1992 年 7 月 25 日 (12 頭)，8 月 22 日 (3 頭)，8 月 29 日 (5 頭)，10 月 17 日 (6 頭)，11 月 8 日 (6 頭)，1993 年 5 月 8 日 (3 頭)，8 月 22 日 (20 頭)，9 月 15 日 (18 頭)，10 月 16 日 (31 頭)，11 月 3 日 (23 頭) にそれぞれ長野市の丹波島橋下流の同地点において採集された個体を用い，別々の 2 人の目視により翅裏面基部の黒化した順に標本を並び替える調査を行った．この時，先入観に伴った不公平が生じるのを避けるために
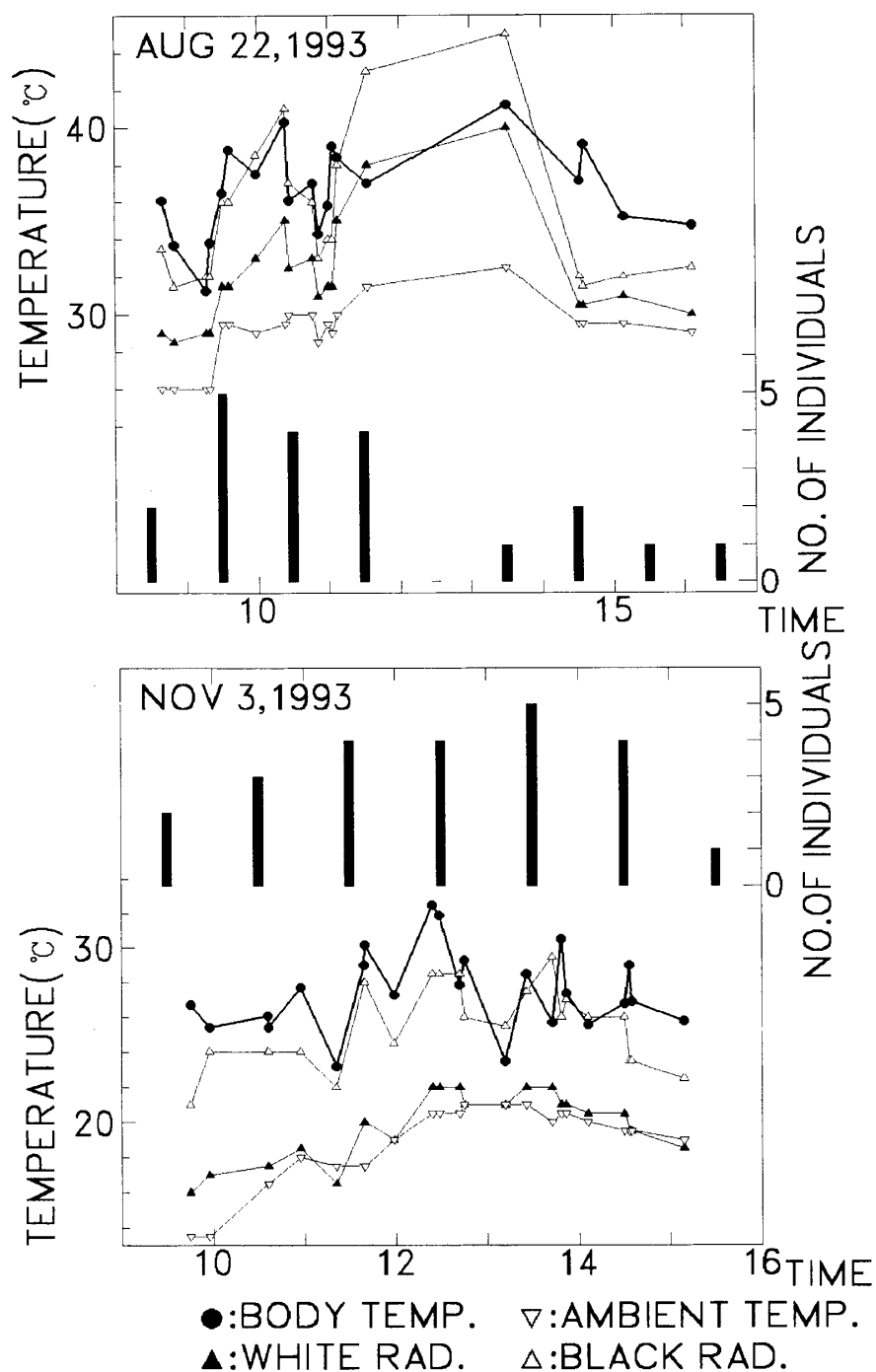
Fig. 1. Daily changes of temperature, the body temperature and the number of individuals of *Colias erate* in August 22 and November 3, 1993.
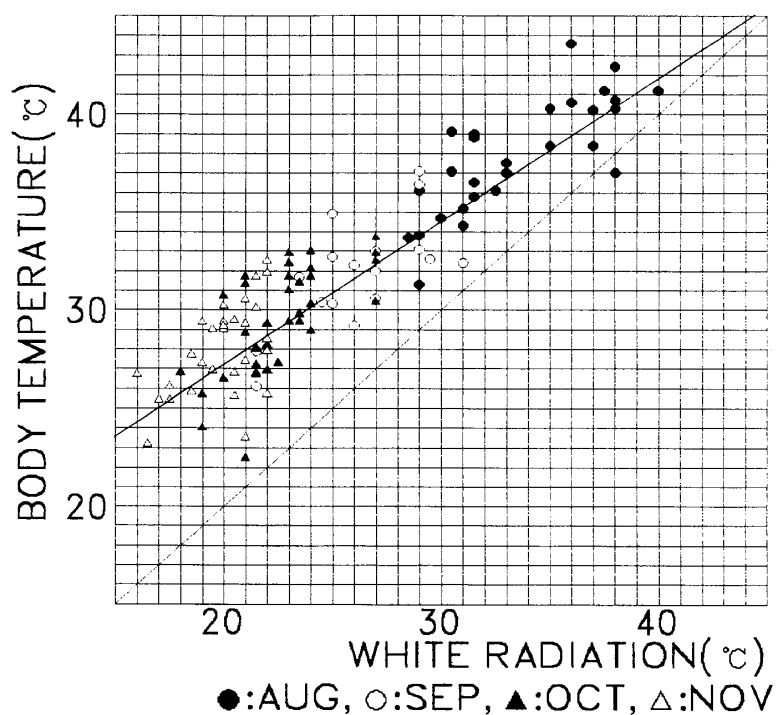
Fig. 2. The relationship between the body temperature of *Colias erate* and the white radiation temperature. ●: in August, ○: in September, ▲: in October, △: in November.

採集日を示すラベルは伏せて行った.

また，1993年12月11日には，長野市の室内において，1993年8月22日，10月16日，11月3日に採集したモンキチョウの個体から翅の新鮮な個体について任意に5頭づつ抽出し，それぞれ採集後冷凍保存されていたものを2日間湿潤器に入れた個体について，60Wの白熱電球の下方5cmの位置における胴体横方向からの熱吸収の状況を調べた．供試体は，月別の個体を交互に測定し，体温は熱電対により10秒間隔で300秒間測定した．この時，供試体は翅部先端で支え床面より10cm程度浮かした．また，室温は14.5°C，湿度は78%に保たれた.

## 調査結果

### 1. 野外における体温測定

#### 1-1 モンキチョウ

体温の日周変化について1993年8月22日と同年11月3日の日周変化を代表事例としてFig. 1に示す．同時刻におけるデータの4点は，同一の個体から測定されたものである．8月22日では，黒色の輻射熱と体温はほぼ同じ位置を示したが正午付近では，黒輻射熱が体温を5°Cほど上回った．また，正午付近では，活動が衰えるのか捕獲個体数が減少した．なお，当日は2時頃から雲量が増え日が陰りがちであった．11月3日は，終日良い天気であったが，体温は，全体的に黒輻射熱より高めに調節されていた．また，正午付近で捕獲される個体数の減少がなく終日平均して個体が捕獲された.

次に体温を白輻射熱と比較したのがFig. 2である．体温は，8月では35-40°Cに，9月では30-35°C，10月では28-33°C，11月では26-31°Cに白輻射熱が低下するに従って低下している．また，各月の終日調査データについても言えるが，体温は白輻射熱の低い時の方が高く保たれ，逆に白輻射熱が高い時は，体温が低くなるように調節されている．これをY軸に体温と白輻射熱の差をとって表したのがFig. 3である．白輻射熱より体温は高く保たれているが，輻射熱の低い秋期の方がその差が大きく

なっている．また，これは各月のデータそれぞれについてもその傾向が窺える．

次に捕獲した個体について体温を測定後，生かしたままで翅を閉じ横倒しにして直射日光にさらした場合の体温と翅を光線と平行にし胴体に直射日光が当たらないようにした場合の体温を Fig. 4 に示す．横倒しした場合の体温は，捕獲直後の体温と極めて類似した線を示すが，胴体に直射日光が当たらないようにすると一般的には体温は下がるが，この下がる度合いは，白輻射熱が低い秋で大きな値を示し，白輻射熱の高い夏期では，ほぼ体温と同じ値となった．捕獲月別に見ると 8 月では捕獲直後の体温と胴体に直射日光が当たらないようにした場合の体温との差が 1.62±2.11 (標準偏差) °C (n=20) であるのに対し，9 月では 2.96±2.91°C (n=18)，10 月で 3.59±1.89°C (n=30)，11 月では 3.30±2.49°C (n=23) となった．

Fig. 5 には，1993 年 5 月 8 日に撮影したモンキチョウの典型的な日光浴の写真を示した．モンキチョウは，体を横倒しにし，胴体の側面を直射日光にさらしている．

1-2　ヒメウラナミジャノメ

1993 年 8 月 22 日の体温の日周変化を Fig. 6 に示す．14 時頃から雲量が増したが，黒輻射熱は，最高で 43°C 付近まで上昇した．体温は，正午付近では，白輻射熱と気温の中間くらいに位置しているが，朝，あるいは 14 時以降の気温の低下時には，黒輻射熱に近い位置まで上昇している．

これを白輻射熱との関係で眺めたのが Fig. 7 である．白幅射熱が 31°C 付近までは，体温は白輻射熱よりも高く調節されているが白輻射熱が 31°C 以上になると体温は，ほぼ 33°C 付近で一定値を示すようになり，白輻射熱よりも低く調節されている．縦軸に体温と白輻射熱との差をとり白輻射熱と比較したのが Fig. 8 である．白輻射熱が低いと体温が高く，白輻射熱が高くなると体温は次第に低くなる
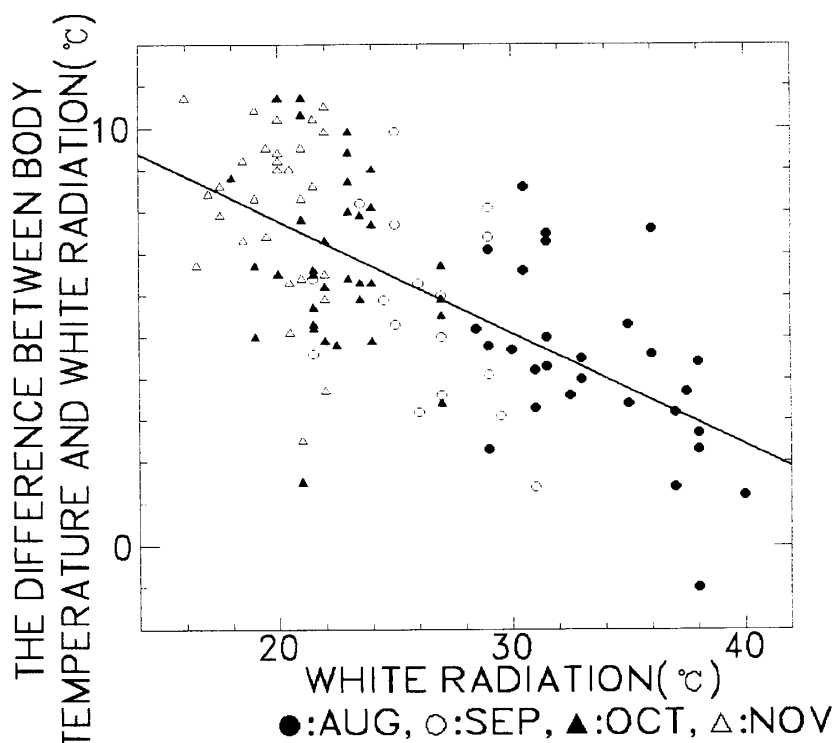
Fig. 3. The difference between the body temperature of *Colias erate* and the white radiation temperature plotted against the white temperature. ●: in August, ○: in September, ▲: in October, △: in November.
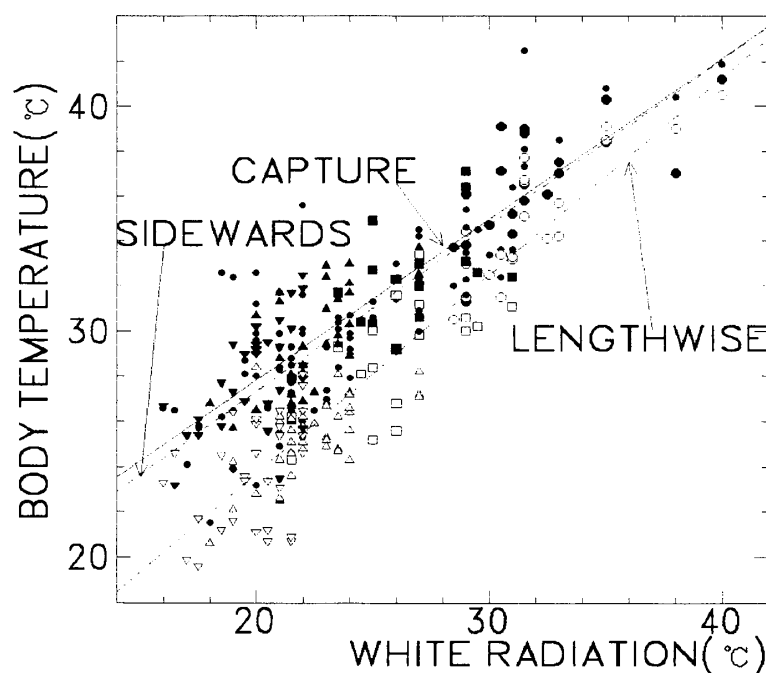
Fig. 4. The relationship between the body temperature of *Colias erate* and the white radiation temperature. ●, ■, ▲, ▼ : measured as soon as captured, ○, □, △, ▽ : when direct solar radiation impinging lengthwise with the wings folded, • : sidewards with wings folded. ●, ○ : in August, ■, □ : in September, ▲, △ : in October, ▼, ▽ : in November.

ことが読みとれる.

次に捕まえた個体の翅を半開にして，背中を直射日光にさらす形で体温の変化を調べると白輻射が35°C を越える温度条件下では，チョウの体温は急上昇し，45°C 付近を越えると個体は死亡した．また，翅を閉じて胸部に直射日光が当たらないようにすると体温は上がったものの背中を直射日光に当てた場合よりは下がった．この結果を白輻射との関係で見たのが Fig. 9 である．白輻射熱が低いと翅を開いて背中に直射日光を当てても体温の上昇はあまりなく，白輻射熱が上昇するほど体温との差が大きくなった.

Fig. 10 には，1993 年 8 月 22 日の 16 時頃に撮影したヒメウラナミジャノメを示した．成虫は，正午付近では灌木の中の日陰を中心に飛翔していたが，夕方には，日向の葉上で写真のように翅を開いて静止する個体が目につくようになった.

2. モンキチョウの翅裏面黒化度による並び替え

Fig. 11 には，モンキチョウの翅裏面，特に基部付近の黒化度を比較した結果を採集した月別に示した．成虫を黒化した順に並べ第 1-25 番を 5 点，26-50 番を 4 点，51-75 番を 3 点，76-100 番を 2 点，一番明るい色彩をした 101-127 番を 1 点とし月別に平均点を算出した．これを見ると 5 月，11 月に採集された個体が一番黒く，秋から夏に向かって順次明るい色彩となっていることがわかる.

Fig. 12 には，1993 年 8 月 22 日と 1993 年 11 月 3 日に採集したモンキチョウの個体を示したが，秋に捕獲した個体の方が翅裏面基部付近が黒い色彩をしていることがわかる.

3. 室内におけるモンキチョウの熱吸収試験

60 W の白熱電球による体温の変化の様子を Fig. 13 に示した．グラフは 5 個体の平均値を表示してい
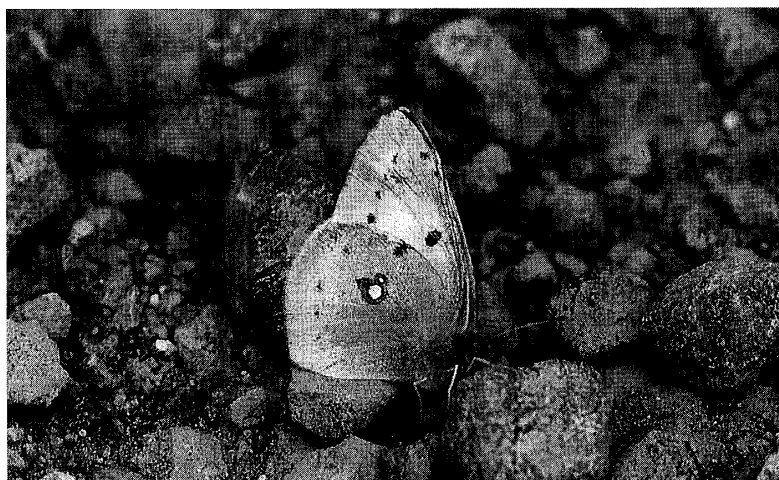
Fig. 5. *Colias erate* exposing one side of the body to the sun with wings dorsally appressed in May 8, 1993.

る．8月に採集した個体は，明らかに体温上昇の割合が10月や11月の個体と比較して低く，300秒後には約2°Cの差が認められた．しかしながら，10月と11月との個体間には差は見られなかった．

## 考　察

### 1. モンキチョウの体温調節

モンキチョウの体温は，夏期の高温期においては35-40°Cであり，秋期の低温期の25-30°Cに向かって季節的には次第に低下した．モンキチョウを含む*Colias*属の積極的活動温度の下限は28-30°Cであり，上限は40-42°Cであることが報告されている (Watt, 1968) が，Fig. 2から11月上旬には，すでに25°C付近まで体温が低下しており，長野県の11月以降の低温下では，モンキチョウの成虫は活動のための体温を確保することができず成虫として生存できないものと考えられた．また，逆に白輻射熱が40°Cを越えると体温は42°Cを越えることが予測され，酵素活性の限界体温を越えて成虫は死亡するものと思われる．今回の調査においても夏期の正午付近では捕獲される個体数が減少したが，実際にモンキチョウは，津吹・滝沢 (1993) が報告するように正午付近では活動が弱まっており，体温を下げるために葉裏などの日陰で休息しているものと考えられる．

*Colias*属の場合，翅の裏面を直射日光に当てる方法により体温を上昇させていることが知られている (Watt, 1968；キングソルバー，1985)．モンキチョウの場合では，夏期の高温期においては，翅を閉じ直射日光が胴体に当たるのを防ぐことにより体温を低下させているものと考えられるが，秋期にかけての低温期には，今回の調査でもよく観察されたように裏面を直射日光にかざすことによって体温を高めているものと考えられる (Fig. 5).

Wasserthal (1983) によるチョウの翅脈内での血液の流れに関する研究からは，翅脈内における血液流自体が体温の伝達に寄与している可能性が少ないことが示唆されている．また，翅の基部から胸部への熱の伝達もわずかであることが報告されている (Douglas and Grula, 1978).

したがって，実際に体温の上昇に寄与しているのは，胸部を取り巻く翅の色彩であるものと考えられる (Ohsaki, 1985). Watt (1968) は，*Colias*属の裏面色彩の比較から，より寒い高山や北方に生息する種のほうがより暖地の種よりも黒化しており，体温を高めるのに有効であることを報告している．モンキチョウの場合，Fig. 11に示したように夏期から秋期に向かって黒化することがわかった．また，春期に出現する個体においても黒化傾向が認められた．

さらに，Fig. 13やFigs 2, 3, 4から，本種は低温期に積極的に体温を高めようとしていることがわ
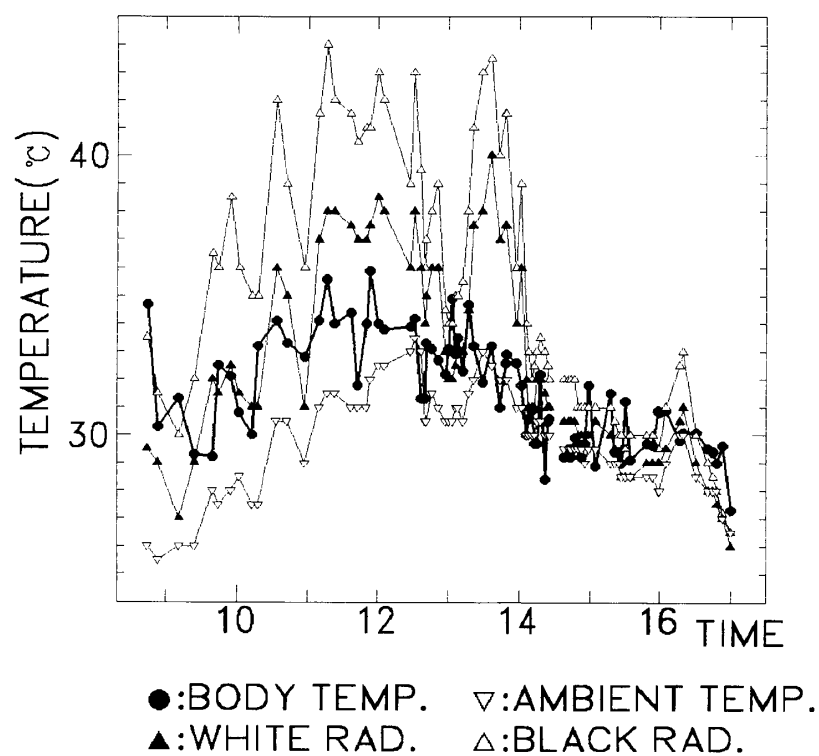
Fig. 6. Daily changes of temperatures and the body temperature of *Ypthima argus* in August 22, 1993.
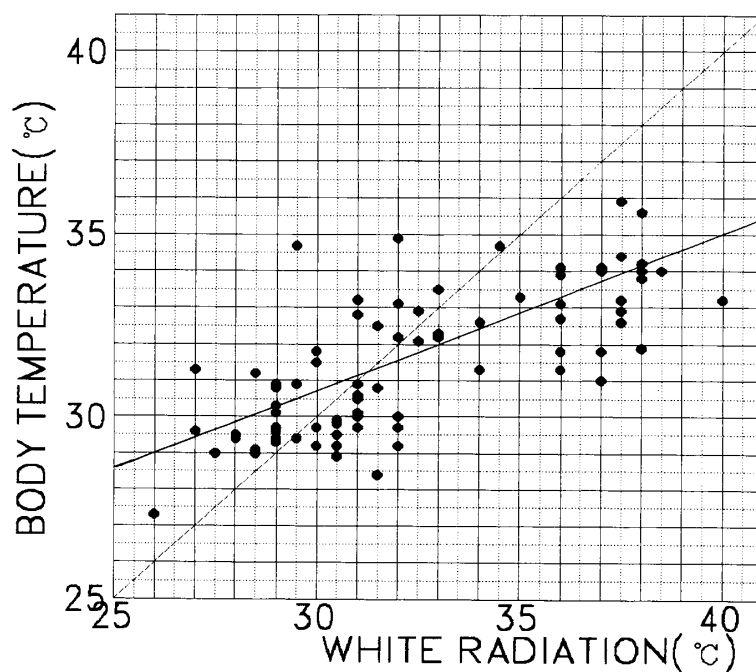
Fig. 7. The relationship between the body temperature of *Ypthima argus* and the white radiation temperature.

かった．Fig. 13 からは，10 月と 11 月の個体が類似した曲線を描いたことから，生理的な体温調節も考えられるが，Watt (1968) は，光線の方向やチョウの大きさ，生きている個体や死んでいる個体の比較，さらに冷える早さが裏面の色彩に影響されないことなどをあげ，体温上昇の差は，太陽エネル

ギーの吸収の差であると結論している．したがって，モンキチョウの季節的な翅の裏面色彩の変化は，体温調節に関わる適応であるものと解釈できる．秋期には翅裏面基部の色彩を黒くして熱の吸収を高め，夏期には，逆に明るい色彩により熱の吸収をさまたげていると考えられる．Fig. 4に示すようにモンキチョウの体温は横倒しにして直射日光を受けた場合の体温に類似しており，翅を立てて直射日光が当たらないようにした時との体温上昇の差を見ると8月の捕獲個体で平均して約1.5°C，10月および11月の個体で約3.5°Cであり，10月，11月の個体と8月の個体との間には約2.0°Cの熱吸収量の差が見られた．Fig. 13に示したように室内の実験においても約2.0°Cの差が認められたことは，野外での結果とよく類似している

2. ヒメウラナミジャノメの体温調節

ヒメウラナミジャノメの体温は，正午付近の気温の上昇期においても33°C付近に保たれている．成虫は訪花習性が強く(福田，他，1984)，しばしば木陰を離れ日向に吸蜜に訪れているが，正午付近の気温の上昇期には，直射日光の当たらない木陰で飛翔したり，翅を閉じて止まってる個体が増加する(福田他，1984)．また，逆に気温が低下するとFig. 10に示したように陽光のさすところで翅を半開にして止まることが多くなる．この行動は，Fig. 8に示したように白輻射熱が減少するに従って体温が白輻射熱に対して高く保たれるようになることや，Fig. 6に示したように気温が下がってくると捕獲した時の体温が黒幅射熱に近づくこと，Fig. 9に示したように白輻射熱が減少してくると捕獲した時の体温と日向に胸部をさらしたときの体温との間に差がなくなることなどから，白輻射熱の減少に対して体温を保持するための行動であると考えられる．したがって，ヒメウラナミジャノメの体温調節は翅を半開にして胸部背面を直射日光にさらす方法をとっているものと考えられる．また，逆にFig. 8に見られるように白輻射熱が31°C以上では，体温が白輻射より低く調節されており，チョウは木陰を有効に利用して体温を下げているものと思われる．こうした行動は，Ohsaki (1983) が報告したスジグロシロチョウの場合と類似している．

チョウが生活していくためには，吸蜜し活動のためのエネルギーを確保する必要があるが，ヒメウラナミジャノメの吸蜜植物はほとんどが日向に咲く植物である (福田他，1984)．また，本種の幼生期の食草も大半が陽光性の種である．したがって，本種は，必然的に日向にでるように思われる．しかし，夏期における日向は正午付近では，白輻射熱で40°C近い高温となっており，Fig. 9に示したように日向に胸部をさらすと，体温は3分程度で45°C近くまで上昇し，チョウは死に至る危険性がある．体温調節面から本種の高温時における行動には，制限がかかるものと思われる．灌木類の見られないコンクリートブロック周辺部で本種の見られないのは，日中高温となっているためにヒメウラミジャノメにとっては長い時間体を直射日光にさらすことができず，本種にとって侵入不可能な環境となっているためであろう．

3. 両種の比較

ニューギニアにおいてチョウの体温を測定したHeinrich (1972) は，調査した4種のチョウのうち2種について体温調節が認められたと報告している．その後，Ohsaki (1985) は，ボルネオ島におけるチョウの体温測定から，チョウの体温に与える輻射熱と体温とを比較することによって全てのチョウについて体温が調節されていることを報告した．今回の調査からは，森林性のヒメウラナミジャノメ，陽光性のモンキチョウとも体温調節が認められた．そして，Ohsaki (1985) が指摘するように，夏期における体温を比較すると，陽光性のモンキチョウは森林性のヒメウラナミジャノメと比較して5°Cほど体温が高かった．

また，Ohsaki (1985) は，胸部幅と体長に着目し，森林性の種は一般的に細長い体形を有し，陽光性の種は太短い体形を有するとし，森林性の種の細長い体形は，短時間で体温を上昇させることができ，森林内での生活に適応的であるとしている．また，陽光性の種は，鳥類などの捕食圧からのがれるために強い飛翔力を必要とし，その結果，高い体温を保持するようになったとしている．さらに，森林性の種が黒っぽい色彩をしているのに対し，陽光性の種は，胴体から翅にかけて白っぽい色彩を有し
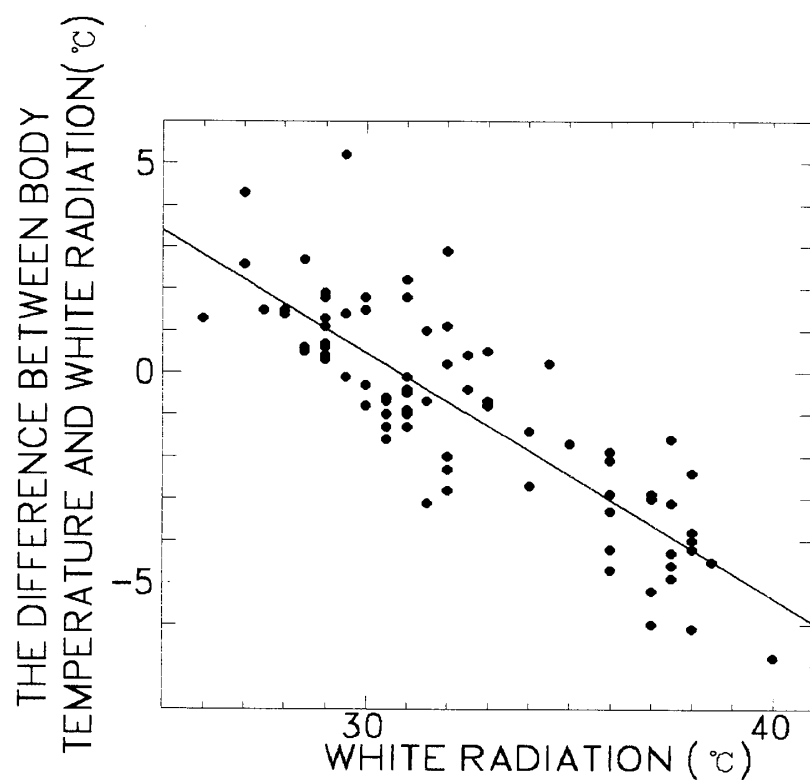
Fig. 8. The difference between the body temperature of *Ypthima argus* and the white radiation temperature plotted against the white temperature.
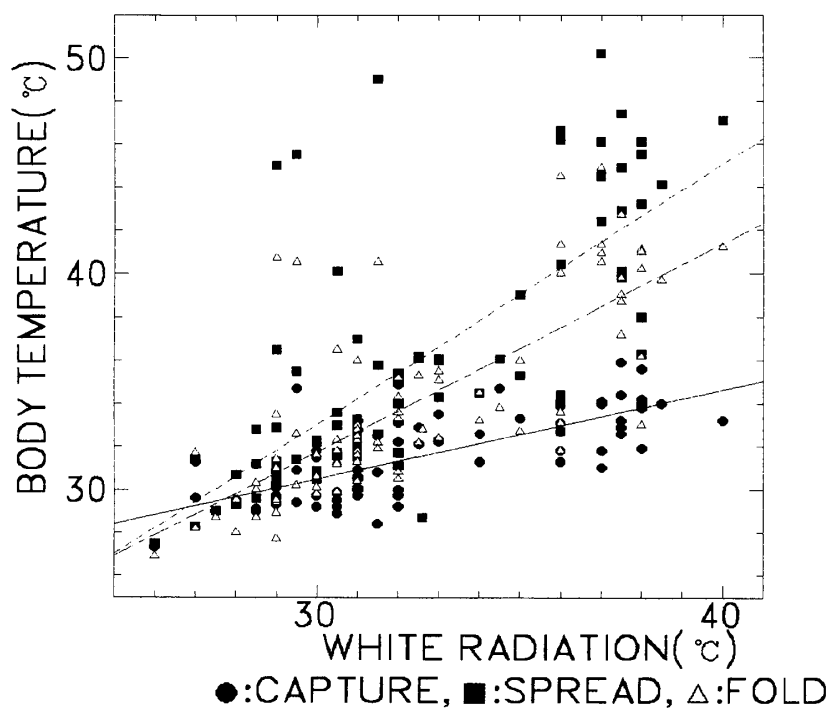
Fig. 9. The relationship between the body temperature of *Ypthima argus* and the white radiation temperature. ●: measured as soon as captured, ■: when direct solar radiation impinging lengthwise with the wings spread, △: with the wings folded.
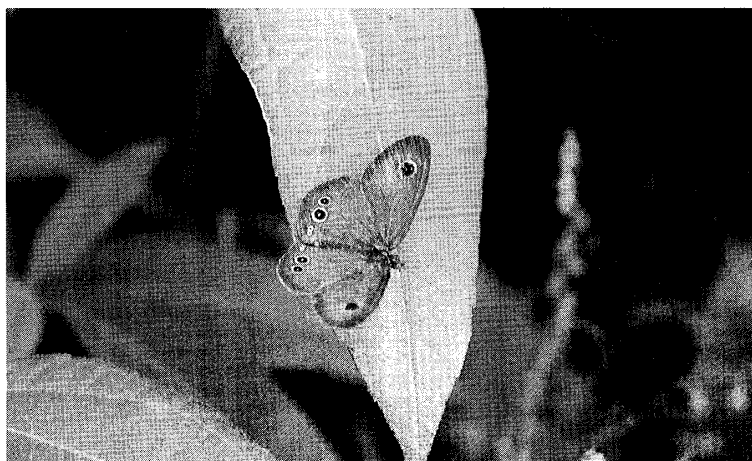
Fig. 10. *Ypthima argus* basking in the perpendicular rays of the sun with the wings spread in August 22, 1993.
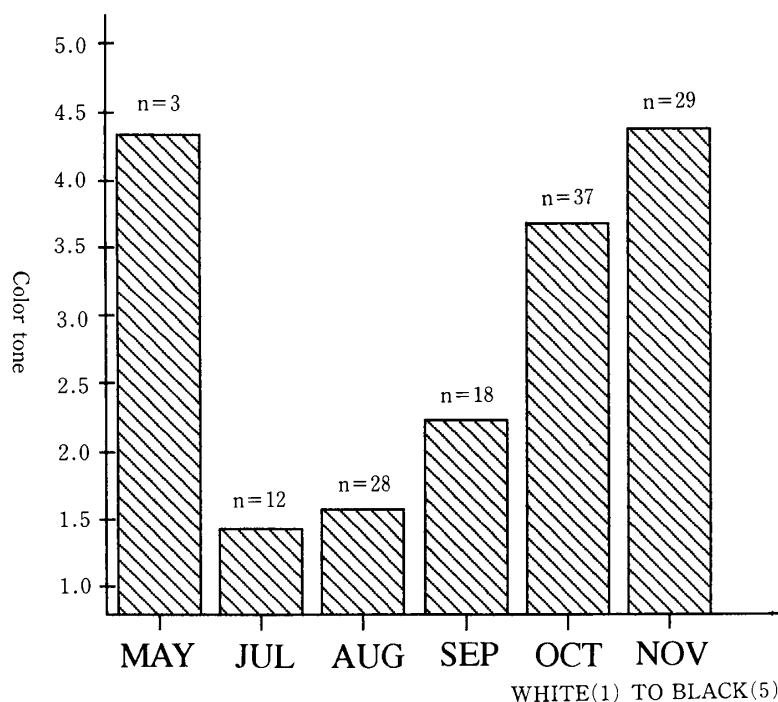
Fig. 11. Color tone on the under surface of the wing base of *Colias erate* captured in different season.

ているとしている.

ヒメウラナミジャノメの体形は，モンキチョウの体形と比較して細長く，モンキチョウの黄色い色彩と比較すると，はるかに黒い色彩を有している．ヒメウラナミジャノメは，先にも記したように純森林性の種ではなく，吸蜜時などしばしば日向の草地を活動の場としているが，夏期の正午付近の高温時には，活動の中心を木陰に移すことによって体温を調節し，また，陽光性の種であるモンキチョウでは，夏期には，体全体の色調を白っぽくして適応しているが，さらに体温の調節が不可能な高温時には，一時活動を停止して暑さをしのいでいるものと考えられた．また，逆に低温時には，両種とも日光の輻射熱をより有効に吸収するように行動，あるいはモンキチョウについては外部形態を季節的に変化させて適応していることがわかった.
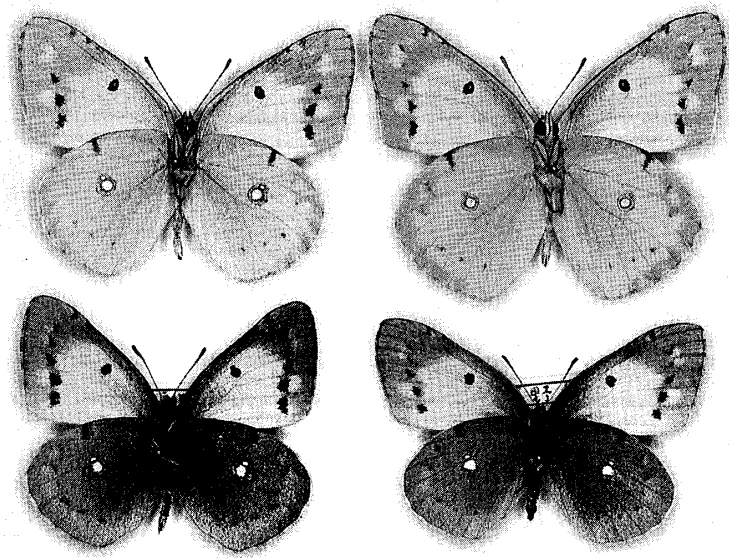
Fig. 12. *Colias erate* captured in August 22 (above) and November 3 (below), 1993.
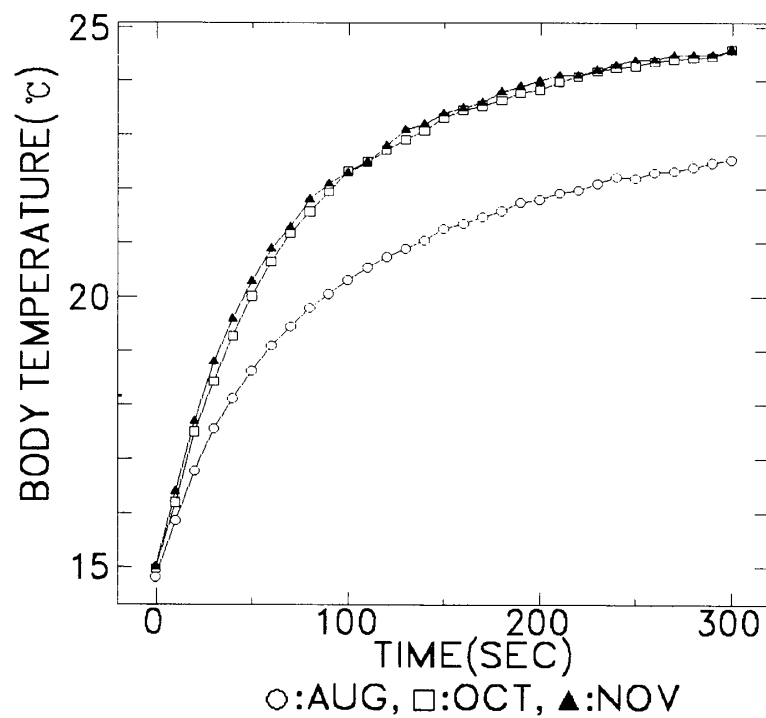
Fig. 13. Changes of the body temperature of *Colias erate* when the heat impinging sidewards with the wings folded. ○: in August, □: in October, ▲: in November.

## 引用文献

Douglas, M. M. and J. W. Grula, 1978. Thermoregulatory adaptations allowing ecological range expression by the pierid butterfly, *Nathalis iole* Boisduval. *Evolution* **32**: 776-783.

福田晴夫・浜 栄一・葛谷 健・高橋 昭・高橋真弓・田中 蕃・田中 洋・若林守男・渡辺康之, 1984. 原色日本蝶類生態図鑑 **4**. [i]-xii, [65]-373, pls 1-64. 保育社. 大阪.

Heinrich, B., 1972. Thoracic temperatures of butterflies in the field near the Equator. *Comp. Biochem,*

and *Physiol*. (A)**43**: 459-467.

キングソルバー, J. G. (奥井一満訳), 1985. チョウの工学. サイエンス **10**: 86-95.

大崎直太, 1983. チョウの体温調節と生息場所の利用のしかた. 日高敏隆 (編), 動物行動の意味: 63-100. 東海大学出版会. 東京.

Ohsaki., N, 1985. Space niches and thermoregulation in butterflies of humid tropics. *In* Hidaka, T. ed., *Ethological Reseach of small Animals in the humid Tropics*: 49-83. Department of Zoology, Kyoto University. Kyoto

津吹 卓・滝沢達夫, 1993. モンキチョウと飛翔活動性. やどりが (155): 27.

Wasserthal, L. T., 1983. Haemolymph flows in the wings of pierid butterflies visualized by vital staining. *Zoomorph*. **103**: 177-192.

Watt, W. B., 1968. Adaptive significance of pigment polymorphisms in *Colias* butterflies. I. Variation of melanin pigment in relation to thermoregulation. *Evolution* **22**: 437-458.

## Summary

Thermoregulation of the sunny butterfly species, *Colias erate* and the forest one, *Ypthima argus* was studied at the Saigawa-riverside (alt. 350 m) in the lower reaches of Tanbajima-Bridge, Nagano, Central Japan from July, 1992 to November, 1993. Body temperature was measured to 0.1°C by using a portable digital thermometer with a copper-constantan thermocouple probe of 0.5 mm in diameter. The probe was quickly inserted into the center of the thorax from the ventral side of each butterfly in the net. The body temperature was investigated in relation to the solar radiation.

The following results were obtained in this study.

1. The range of the optimum body temperature of *Colias erate* was maintained between 35 and 40°C in summer. When the ambient temperature decreased in autumn, the body temperature became lower, and the range was between 25 and 30°C in November.

2. The range of body temperature of *Ypthima argus* was maintained between 30 and 35°C in summer. The result accords with that of Ohsaki (1985) that the forest species maintained body temperature about 5°C lower than the sunny species.

3. In *Colias erate*, the body temperature in August was maintained 3°C higher against the white radiation temperature than that in November. *C. erate*, which got the heat by exposing the wing base to the direct sun rays, was considered adapted to the low temperature condition in autumn by darkening the color tone of the wing base. The result was in accordance with that of Watt (1968).

4. *C. erate* was considered not to fly in high temperature conditions around the noon in summer and in low temperature ones after November, since it could not maintain the body temperature within the voluntary activity range between 28 and 42°C shown by Watt (1968).

5. Although *Y. argus* maintained the body temperature higher than the ambient temperature, the difference was smaller in high temperature conditions than in low ones. *Y. argus* basked in the perpendicular rays as the dorsal basking near the lower limit of optimum body temperature and they frequently entered the forest when the solar radiation increased around the noon in summer.

6. Although flowers for nectaring and host plants for oviposition existed in the sunny place, *Y. argus* remained in the shade in high temperature conditions in summer.

(Accepted September 3, 1994)

Published by the Lepidopterological Society of Japan,
c/o Ogata Building, 2-17, Imabashi 3-chome, Chuo-ku, Osaka, 541 Japan